

*А.Н. СУЛИМА*, канд. техн. наук, *И.А. СУЩЕНКО*, канд. техн. наук,  
*Л.И. БАКШЕЕВА*, *И.П. ШЕПОТЬКО*, *Л.С. МОЛОДЦОВА*,  
*М.Ю. ВАСЮК*, ОАО «УкрНИИхиммаш», г. Харьков

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ В КОЛОННЫХ АППАРАТАХ**

У статті наведені результати аналізу роботи промислових екстракційних апаратів з насипною насадкою, виявлені недоліки їх конструкції, що заважають підвищенню продуктивності та ефективності роботи. Результати використані для розробки оптимальної конструкції контактних пристроїв екстракційних апаратів(контакторів) для очищення рідких вуглеводнів від сірководню розчином моноетаноламіну . Переваги конструкції підтверджені промисловим впровадженням.

In article the results of the analysis of job industrial extractors with bulk packing are given, the lacks of their design are revealed which prevent increase of productivity and overall performance. The results are used for development of an optimum design of extractors (contactors) for clearing liquid hydrocarbons from sulphide hydrogen by a solution of monoethanolamine. The advantages of a design are confirmed by industrial introduction.

Многие экстракторы, работающие под действием гравитационных сил, эксплуатируются продолжительное время и достаточно хорошо распространены в промышленности, но опыт их эксплуатации показывает, что возможности совершенствования их конструкций далеко не исчерпаны. Истинная средняя движущая сила процесса экстракции связана, как с физико-химическими свойствами контактирующих веществ, так и со структурой потоков взаимодействующих фаз. Поэтому оптимизация структуры потоков, направленная на устранение явлений продольного перемешивания, вызывающих отклонение от поршневого движения жидкостей в аппарате, является актуальной задачей. В данной работе приведены результаты использования конструктивных факторов для повышения эффективности работы промышленных экстракторов.

На газофракционирующих установках нефтеперерабатывающих заводов необходима очистка сжиженных углеводородных газов от сероводорода раствором моноэтаноламина. Процесс проводится в колонных аппаратах (контакторах) с нерегулярной насадкой из керамических колец Рашига, образующих поверхность контакта фаз, на которой происходит массообмен между

двумя жидкими фазами, сопровождающийся химической реакцией взаимодействия этаноламина с сероводородом.

При разработке технического проекта контактора для замены аппарата, срок службы которого исчерпан, решались вопросы создания нового контактора, обеспечивающего более высокую производительность и требуемую степень очистки сжиженных углеводородных газов. Масса и габариты нового аппарата должны были обеспечить его установку на существующий фундамент.

Разработке технического проекта предшествовал анализ гидродинамической обстановки, и, как следствие, эффективности работы заменяемого аппарата с насадкой из колец Рашига. Внутренние устройства, предназначенные для проведения массообмена между двумя жидкими фазами при экстракции в режиме противотока, должны обеспечивать создание поверхности контакта фаз, необходимой для высокой степени очистки углеводородных газов от сероводорода. Конструкция устройства может быть компактной и эффективной, если одну жидкость диспергировать в другой в виде небольших капель. Из множества таких капель создается эффективная поверхность контакта между двумя фазами.

При движении двух жидких фаз на поверхности раздела наблюдается непрерывное возникновение турбулизации потоков. Взаимодействие между фазами, обеспечивающее массообмен, осуществляется на поверхности турбулизированной пленки жидкости. Основными определяющими гидродинамическими параметрами системы, влияющими на эффективность процесса массопередачи, являются величина удерживающей способности контактного устройства и размер капель дисперсной фазы. Размер капель характеризует состояние двухфазной системы, установившееся в результате перемешивания контактирующих фаз. Частицы дисперсной фазы за счет дробления и коалесценции непрерывно участвуют в обновлении поверхности массопередачи. Размеры капель зависят от режима процесса, определяющего скорость истечения капель из отверстий. В насыпной насадке процесс формирования капель не поддается управлению. Каналы, по которым движутся фазы, зависят от укладки насадки. Расположение элементов насадки при работе может изменяться из-за уплотнения их в слое, разрушения отдельных элементов.

При использовании нерегулярных насадок обеспечить оптимальные условия для эффективного массообмена не представляется возможным. Обе фазы будут перемещаться вверх и вниз аппарата по каналам, образовавшимся

между произвольно разместившихся по высоте слоя насадочных тел.

В насадочных колоннах наблюдается эффект осевой дисперсии (обратного перемешивания), возникающий в результате всплывания мелких капель жидкости. Они легко коалесцируют в каналах, образованных между элементами насадки и изменяют направление своего движения от центра к стенкам колонны. Это приводит к перемещению легкой жидкости вниз, а тяжелой вверх без эффективного контакта с движущейся в противоположном направлении второй жидкой фазой. При этом уменьшается движущая сила процесса экстракции и скорость массопередачи, и, следовательно, эффективность работы экстрактора.

На основании анализа работы экстракторов с нерегулярной насадкой для устранения перечисленных недостатков определены конструктивные приемы интенсификации работы аппаратов. Это применение конструкций контактных устройств, обеспечивающих непрерывное обновление межфазной поверхности, ее увеличение. Конструкция контактных устройств должна обеспечить проведение процесса экстракции в режимах, близких к точке инверсии фаз. Продольное перемешивание в аппарате при разработке его конструкции необходимо свести к минимуму. В разработанном техническом проекте применены ситчатые тарелки. Диспергируемая фаза (сжиженные углеводородные газы), проходят через большое количество мелких отверстий на тарелке, многократно диспергируется на каждой тарелке и коалесцирует. Скорость экстракции возрастает вследствие непрерывного эффективного обновления поверхности контакта фаз.

Важным преимуществом тарельчатых аппаратов по сравнению с насадочными (имеется в виду нерегулярная насадка) является уменьшение в них обратного перемешивания в результате секционирования колонны. Тарельчатые аппараты обеспечивают более высокую пропускную способность. Ситчатые тарелки оснащены переливными устройствами. Диспергируемая фаза (сжиженные углеводородные газы), проходя через отверстия тарелок, многократно дробится на капли. Сплошная фаза (раствор моноэтаноламина) движется в перекрестном направлении в межтарельчатом объеме и через переливы перетекает с тарелки на тарелку. Значительная часть общего количества экстрагируемого компонента извлекается в период образования капель и их коалесценции вследствие развития, обновления и увеличения межфазной поверхности. Поэтому при конструировании тарелки обеспечены оптимальные условия каплеобразования – это размеры отверстий сита, определяемые в за-

висимости от статических условий работы тарелки: равновесия между силами, действующими на каплю при ее истечении и силами межфазного натяжения. Выбранное расстояние между отверстиями на тарелке исключает взаимное влияние капель или струй дисперсной фазы и обеспечивает эффективность их взаимодействия со сплошной фазой, определяющую массо- и теплообмен между фазами. Устройства для ввода дисперсной фазы на тарелку выштампованы одновременно с отверстиями. В разработанной специальной конструкции тарелок отверстия с вводными устройствами выштамповываются так, что поверхность тарелки остается практически гладкой, без выступов, что требуется для ее эффективной работы. Капли, проходя через отверстия тарелок с устройствами ввода, коалесцируют и образуют подпорный слой под каждой тарелкой. Подпорный слой обеспечивает секционирование контактора по высоте и перетекание сплошной фазы только через переливные устройства. Подпорный слой также создает напор, необходимый для проталкивания диспергируемой фазы через отверстия тарелок.

Для подачи дисперсной фазы в контактор разработано распределительное устройство, с помощью которого обеспечивается равномерное распределение сжиженных газов по сечению аппарата, и создаются оптимальные условия для проведения процесса экстракции уже на первой (нижней) тарелке контактора. Размер отверстий распределительного устройства определяется с учетом вязкости диспергируемой фазы, наличия или отсутствия твердых примесей.

Промышленная эксплуатация нового контактора показала, что в тарельчатом аппарате реализована возможность создания организованной структуры потоков, что позволило аппарат диаметром 2,4 м с насадкой из колец Рашига заменить контактором диаметром 1,6 м; аппарат диаметром 2,0 м – контактором диаметром 1,4 м. В результате проведенной работы производительность контактора по раствору моноэтаноламина увеличена на 25 % с обеспечением требуемой степени очистки углеводородных газов от сероводорода. Диапазон нагрузок по сжиженным газам равен 5.

**Список литературы:** 1. *Т. Шервуд, Р. Пигфорд, Ч. Уилки* Массопередача. М.: Химия, 1982. – 696 с. 2. *Р. Трейбал* Жидкостная экстракция. – М.: Химия, 1966. – 724 с. 3. *Кузнецов А.А., Судаков Е.Н.* Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов. – М.: Химия, 1983. – 224 с. 4. *Кафаров В.В.* Основы массопередачи. М.: Высшая школа, 1962. – 655 с.

*Поступила в редакцию 07.04.08*